

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

**Applicant(s):** Masaki OHYA, et al.

**Docket:** 14458

**Serial No.:** Unassigned

**Dated:** March 28, 2001

**Filed:** Herewith

**For:** SELF-SUSTAINED PULSATING LASER DIODE

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231



CLAIM OF PRIORITY

Sir:

Applicant in the above-identified application hereby claim the right of priority in connection with Title 35 U.S.C. §119 and in support thereof, herewith submit a certified copy of Japanese Patent Application No. 2000-089410 filed on March 28, 2000.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "P. J. Esatto, Jr.".

Paul J. Esatto, Jr.  
Registration No. 30,749

Scully, Scott, Murphy & Presser  
400 Garden City Plaza  
Garden City, NY 11530  
(516) 742-4343  
PJE:gc

---

CERTIFICATE OF MAILING BY "EXPRESS MAIL"

"Express Mail" mailing label number: EL 835917850  
Date of Deposit: March 28, 2001

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 C.F.R. §1.10 on the date indicated above and is addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, DC 20231.

Dated: March 28, 2001

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "Janet Grossman".  
Janet Grossman

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

2250  
US  
#3  
J.F.  
81301

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 3月28日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-089410

出 願 人  
Applicant (s):

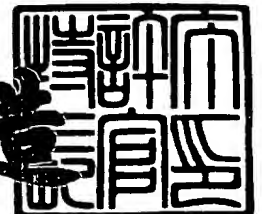
日本電気株式会社



2001年 1月19日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3112357

【書類名】 特許願

【整理番号】 74111955

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 大矢 昌輝

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 藤井 宏明

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 遠藤 健司

【特許出願人】

    【識別番号】 000004237

    【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100082935

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 京本 直樹

    【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

    【識別番号】 100082924

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 福田 修一

    【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

    【識別番号】 100085268

    【弁理士】

【氏名又は名称】 河合 信明

【電話番号】 03-3454-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008279

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9115699

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 自励発振型半導体レーザ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型半導体基板上に、少なくとも第1導電型クラッド層、多重量子井戸からなる活性層、第2導電型クラッド層を含むダブルヘテロ構造を有する半導体レーザにおいて、量子井戸層数が5層以上10層以下であり、電流狭窄構造を有する側のクラッド層の平坦部の層厚が300nm以上500nm以下であり、かつ、電流狭窄構造を有する側のクラッド層の平坦部のキャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする自励発振型半導体レーザ。

【請求項2】 第1導電型半導体基板上に、少なくとも第1導電型クラッド層、多重量子井戸からなる活性層、第2導電型クラッド層を含むダブルヘテロ構造を有する半導体レーザにおいて、水平横方向の実効屈折率差が $7 \times 10^{-4}$ 以上 $3 \times 10^{-3}$ 以下であり、かつ、電流狭窄構造を有する側のクラッド層の平坦部のキャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする自励発振型半導体レーザ。

【請求項3】 クラッド層がAlGaInPを含む半導体で構成され、活性層がGaInPまたはAlGaInPを含む半導体で構成されることを特徴とする請求項1から2に記載の自励発振型半導体レーザ。

【請求項4】 前記半導体基板は(001)面が[110]方向に5度以上傾斜した基板であり、前記多重量子井戸活性層は圧縮歪を有する量子井戸層からなることを特徴とする請求項1から3に記載の自励発振型半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は自励発振型の半導体レーザに関し、特にデジタルバーサタイルディスク(DVD)等の光ディスク用光源として用いられるAlGaInP系赤色半導体レーザ、光ディスクからの戻り光誘起雑音を生じにくい自励発振型の半導体レーザに関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

光ディスクからの戻り光誘起雑音に強い低雑音半導体レーザとして、特開平 1 0 - 1 4 4 9 9 2 号公報等、種々の自励発振型半導体レーザが報告されている。図 3 に従来の自励発振型半導体レーザの一例を示す。この種の自励発振型半導体レーザは、活性層において、電流が注入されず且つ光が導波する領域が可飽和吸収領域として機能することで自励発振動作が起こる。

## 【 0 0 0 3 】

従来の自励発振型半導体レーザは、多重量子井戸 (MQW) 活性層のウェル層数を 4 層以下、 $p\text{-AlGaInP}$  クラッド層平坦部の層厚を 300 nm 未満、 $p\text{-AlGaInP}$  クラッド層平坦部のキャリア濃度を  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  より高くする、という条件のうち、少なくともいずれか一つの条件に該当するのが一般的であった。その理由は、MQW 活性層のウェル層数を少なくするのはしきい値キャリア密度低減のためであり、 $p\text{-AlGaInP}$  クラッド層平坦部の層厚を薄くするのは横漏れ電流低減 (しきい値、動作電流低減) のため、キャリア濃度を高くするのは活性層からクラッド層へのキャリアオーバーフロー低減 (高温動作電流低減) のためである。

## 【 0 0 0 4 】

従来は、全ての条件を組み合わせると、特性が悪くなっていた。

## 【 0 0 0 5 】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来の構造では、以下に示す理由により、高温・高出力において自励発振動作しないという問題があった。

## 【 0 0 0 6 】

この種の自励発振型半導体レーザの自励発振動作は、MQW 活性層において電流が注入されず光が分布する領域が可飽和吸収領域として機能することで起こる。従って自励発振動作を強くするには、水平方向の光分布を広げ、かつ、電流の水平広がりを抑制することが重要となる。水平方向の光分布を広げるには、ストライプ内外の屈折率差 ( $\Delta n$ ) を小さくすることが有効であるが、従来の構造、

すなわちMQW活性層数のウェル層数が4層以下、あるいはp-AlGaInPクラッド層平坦部の層厚が300nm未満のいずれかを満たす構造では、十分小さな $\Delta n$ が得られないため、強い自励発振動作がなかった。

## 【0007】

また、高温動作時あるいは高出力動作時など、電流注入量が多くなると、p-AlGaInPクラッド層平坦部において電流の水平広がりが顕著となる。そのため水平方向の光分布に対して電流分布が大きくなり、可飽和吸収領域の効果が小さくなるので、自励発振動作の維持が困難となる。従来の構造、すなわちp-AlGaInPクラッド層平坦部のキャリア濃度が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ より高い構造では、クラッド層の抵抗が低く電流が容易に水平方向に広がるため、高温・高出力において十分な自励発振動作ができなかった。

## 【0008】

本発明の目的は、高温まで安定して自励発振動作が可能な半導体レーザの構造を提供することにある。

## 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

請求項1に係る発明は、第1導電型半導体基板上に、少なくとも第1導電型クラッド層、多重量子井戸からなる活性層、第2導電型クラッド層を含むダブルヘテロ構造を有する半導体レーザにおいて、量子井戸層数が5層以上10層以下であり、かつ、電流狭窄構造を有する側のクラッド層の平坦部の層厚が300nm以上500nm以下であり、かつ、電流狭窄構造を有する側のクラッド層の平坦部のキャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下である自励発振型半導体レーザを要旨とする。

## 【0010】

請求項2に係る発明は、第1導電型半導体基板上に、少なくとも第1導電型クラッド層、多重量子井戸からなる活性層、第2導電型クラッド層を含むダブルヘテロ構造を有する半導体レーザにおいて、水平横方向の実効屈折率差が $7 \times 10^{-4}$ 以上 $3 \times 10^{-3}$ 以下であり、かつ、電流狭窄構造を有する側のクラッド層の平坦部のキャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを

特徴とする自励発振型半導体レーザを要旨とする。

【0011】

請求項3に係る発明は、クラッド層がAlGaInPを含む半導体で構成され、活性層がGaInPまたはAlGaInPを含む半導体で構成されることを特徴とする請求項1から2に記載の自励発振型半導体レーザを要旨とする。

【0012】

請求項4に係る発明は、前記半導体基板は(001)面が[110]方向に5度以上傾斜した基板であり、前記多重量子井戸活性層は圧縮歪を有する量子井戸層からなることを特徴とする請求項1から3に記載の自励発振型半導体レーザを要旨とする。

【0013】

(作用)

本発明のAlGaInP系自励発振型半導体レーザの構造を図1に示す。図1の半導体レーザは3回の有機金属気層成長法(MOVPE法)により作製される。1回目の結晶成長工程で、n-GaAs基板101上に、n-GaAsバッファ層102、n-AlGaInPクラッド層103、MQW活性層104、p-AlGaInPクラッド層平坦部105、p-AlGaInPエッチング停止層106、p-AlGaInPクラッド層メサ部107、p-GaInP中間層108、p-GaAsキャップ層109を順次成長する。

【0014】

次に誘電体マスクを用いてメサストライプ状のリッジ構造をエッチングにより形成する。その後、前記誘電体マスクを用いた選択成長法(2回目の結晶成長工程)により、メサストライプ外のクラッド層上にn-GaAs電流阻止層110を形成する。次いで、前記誘電体マスクを除去し、3回目の結晶成長工程で全面にp-GaAsコンタクト層111を成長する。その後、裏面研磨、電極工程を経てレーザ素子を作製する。

【0015】

本発明の半導体レーザの特徴は、①MQW活性層のウェル層数が5層以上10層以下、②p-AlGaInPクラッド層平坦部の層厚が300nm以上500



nm以下、③p-AlGaInPクラッド層平坦部のキャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下、という条件をすべて満たした点である。MQW活性層のウェル層数を5層以上、かつp-AlGaInPクラッド層平坦部の層厚を300nm以上とすることにより、 $\Delta n$ を十分小さくして水平方向の光分布を十分に広げることが可能となる。この時、p-AlGaInPクラッド層平坦部のキャリア濃度を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下にすることで、電流広がりを抑え、光分布に比べて電流分布を十分小さくすることができるため、強い自励発振動作が可能となり、高温においても安定した自励発振動作を維持できる。一方、MQW活性層のウェル層数を10層より多く、あるいはp-AlGaInPクラッド層平坦部の層厚を500nmより厚く、あるいはp-AlGaInPクラッド層平坦部のキャリア濃度を $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ より低くすると、しきい値キャリア密度や電流の横広がりの増大、活性層からクラッド層へのキャリアオーバーフローの増大などに伴い、しきい値電流や動作電流が増大し、通常のレーザとしての高温動作すら困難となるため、高温での自励発振動作を維持できなくなる。このように本発明に示した範囲の構造であれば、従来の構造に比べて十分強い自励発振動作が起こり、従来不可能であった高温動作時にも安定した自励発振動作が可能となる（図2）。従って本発明の自励発振型半導体レーザは、高温で使用される光ディスク用途、例えばカーナビ用DVDやノートPC用DVD-ROM等の用途に適した性能を実現できる。

#### 【0016】

#### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。本発明のAlGaInP系自励発振型半導体レーザの構造を図1に示す。図1の半導体レーザは3回のMOVPE法による結晶成長で作製される。1回目の結晶成長工程で、（115）A方位、つまり（001）から[110]方向へ15.8度傾斜したn-GaAs基板101上に、0.3 $\mu\text{m}$ 厚のn-GaAsバッファ層102、1 $\mu\text{m}$ 厚のn-AlGaInPクラッド層103、MQW活性層104、0.4 $\mu\text{m}$ 厚のp-AlGaInPクラッド層平坦部105、10nm厚のp-AlGaInPエッチング停止層106、0.6 $\mu\text{m}$ 厚のp-AlGaInPクラッド層

メサ部107、10nm厚のp-GaInP中間層108、0.3 $\mu$ m厚のp-GaAsキャップ層109をこの順に成長する。ここでMQW活性層104は、例えば5nm厚、+0.3%圧縮歪のGaInPウェル層と5nm厚のAlGaInPバリア層で構成し、ウェル層数を5層以上10層以下、例えば7層とする。MQW活性層の上下に例えば50nm厚のAlGaInP光ガイド層を含む構造としても良い。また、p-AlGaInPクラッド層平坦部105の層厚を300nm以上500nm以下、例えば400nm(0.4 $\mu$ m)とする。さらにp-AlGaInPクラッド層平坦部105のキャリア濃度を $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下、例えば $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とする。次に誘電体マスクを用い、p-GaAsキャップ層109、p-GaInP中間層108、p-AlGaInPクラッド層メサ部107をエッチングすることにより、5 $\mu$ m幅のメサストライプ状のリッジ構造を形成する。その後、前記誘電体マスクを用いた選択成長法(2回目の結晶成長工程)によりメサストライプ外のクラッド層上に1 $\mu$ m厚のn-GaAs電流阻止層110を形成する。次いで、前記誘電体マスクを除去し、3回目の結晶成長工程で全面に3 $\mu$ m厚のp-GaAsコンタクト層111を形成する。その後、裏面研磨、電極工程を経てレーザ素子を作製する。この実施例の構造においては $\Delta n$ は $1 \times 10^{-3}$ 程度となり、レーザ特性を極端に悪化させることのない範囲で、従来の構造( $7 \times 10^{-3}$ 程度)に比べて十分小さい値を実現できる。

#### 【0017】

以上の工程で作製した自励発振型半導体レーザは、MQW活性層のウェル層数が5層以上10層以下、p-AlGaInPクラッド層平坦部の層厚が300nm以上500nm以下、p-AlGaInPクラッド層平坦部のキャリア濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下、という条件を全て満たしている。ここでMQW活性層のウェル層数を5層以上、かつp-AlGaInPクラッド層平坦部の層厚を300nm以上として $\Delta n$ を小さくすることで、水平方向の光分布を十分に広げることができる。この時、p-AlGaInPクラッド層平坦部のキャリア濃度が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であれば、水平方向の光分布に対して電流分布を小さくすることができるため、十分に強い自励発振動作が可能となり

、従来困難であった高温においても安定した自励発振動作を実現できた。一方、MQW活性層のウェル層厚を10層より多くするとしきい値キャリア密度が極端に増大し、 $p\text{-AlGaInP}$ クラッド層平坦部の層厚を500nmより厚くすると電流広がりが顕著となり、 $p\text{-AlGaInP}$ クラッド層平坦部のキャリア濃度を $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ より低くすると活性層からクラッド層へのキャリアオーバーフローが増大するため、しきい値電流や動作電流が悪化して通常のレーザとしての高温動作が困難となり、高温での自励発振動作の維持が困難となった。このように、本発明に示した範囲の構造においてのみ、実用的なレーザ特性を実現しつつ、従来不可能であった高温での自励発振動作が可能となった(図2)。実際にデバイスを作製し評価を行った結果、 $95^{\circ}\text{C} - 4 \text{ mW}$ という高温においても強い自励発振動作が観測された。動作電流は $70^{\circ}\text{C} - 5 \text{ mW}$ において100mA、最高発振温度は $120^{\circ}\text{C}$ であり、自励発振動作以外のレーザ特性を悪化させることなく、高温まで安定した自励発振動作が可能となった。

## 【0018】

なお、上記実施例ではMQW活性層を圧縮歪ウェル層で構成した例を示したが、引張歪ウェル層や無歪ウェル層でも良く、歪補償型MQW活性層でも良い。また、上記実施例では15.8度傾斜した基板を用いたが、その傾斜角度は如何様でも同様の効果が得られる。

## 【0019】

## 【発明の効果】

本発明によれば、従来動作が困難であった高温においても安定した自励発振動作を実現できる。その理由は、レーザ特性を悪化させることなく水平方向の光分布を十分広げて電流分布を十分小さくできるためである。

## 【0020】

また、従来と比べて、層数、層厚、キャリア濃度などを適切に設定するだけで本発明の構造を実現できるため、製造工程が従来と比べて煩雑になることはなく、高性能の自励発振型半導体レーザを容易に作製可能である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の実施の形態の構造図

【図 2】

本発明の実施の形態の作用・動作の説明図

【図 3】

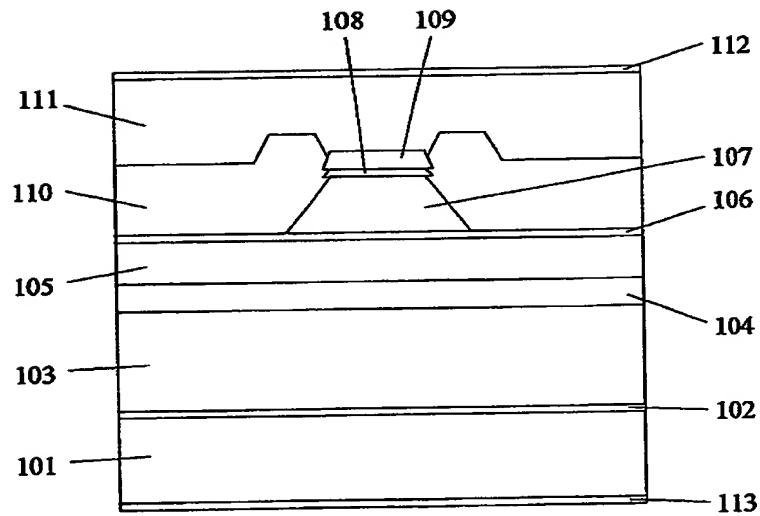
従来 of 構造図

【符号の説明】

101・・・n-GaAs 基板、102・・・n-GaAs バッファ層、  
103・・・n-AlGaInP クラッド層、104・・・MQW 活性層、  
105・・・p-AlGaInP クラッド層平坦部、  
106・・・p-AlGaInP エッチング停止層、  
107・・・p-AlGaInP クラッド層メサ部、108・・・p-GaInP 中  
間層、  
109・・・p-GaAs キャップ層、110・・・n-GaAs 電流阻止層、  
111・・・p-GaAs コンタクト層、  
112・・・p 側電極、  
113・・・n 側電極、  
301・・・n-GaAs 基板、302・・・n-GaAs バッファ層、  
303・・・n-AlGaInP クラッド層、304・・・MQW 活性層、  
305・・・p-AlGaInP クラッド層平坦部、  
306・・・p-AlGaInP エッチング停止層、  
307・・・p-AlGaInP クラッド層メサ部、308・・・p-GaInP 中  
間層、  
309・・・p-GaAs キャップ層、310・・・n-GaAs 電流阻止層、  
311・・・p-GaAs コンタクト層、  
312・・・p 側電極、313・・・n 側電極

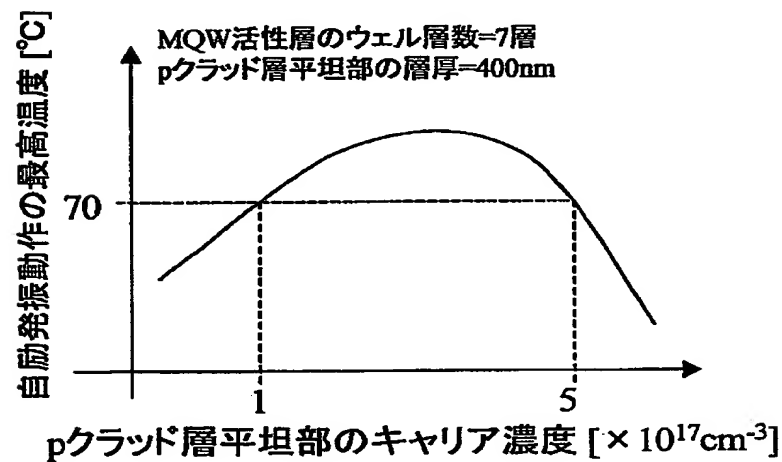
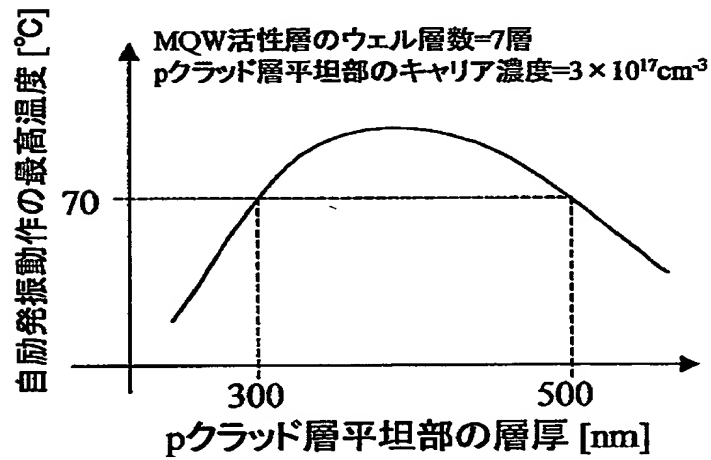
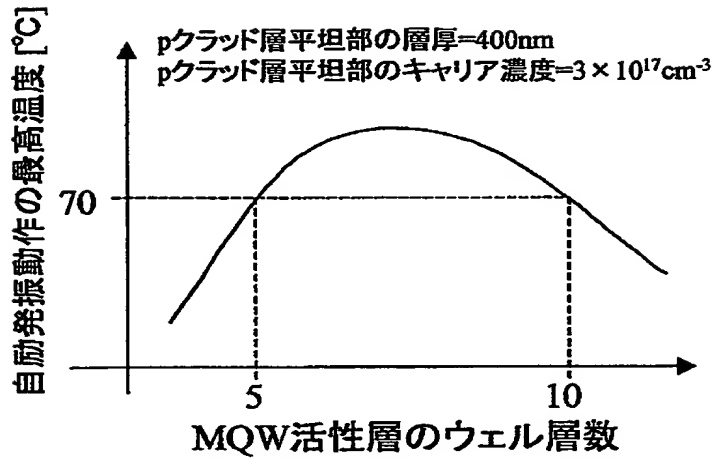
【書類名】 図面

【図 1】

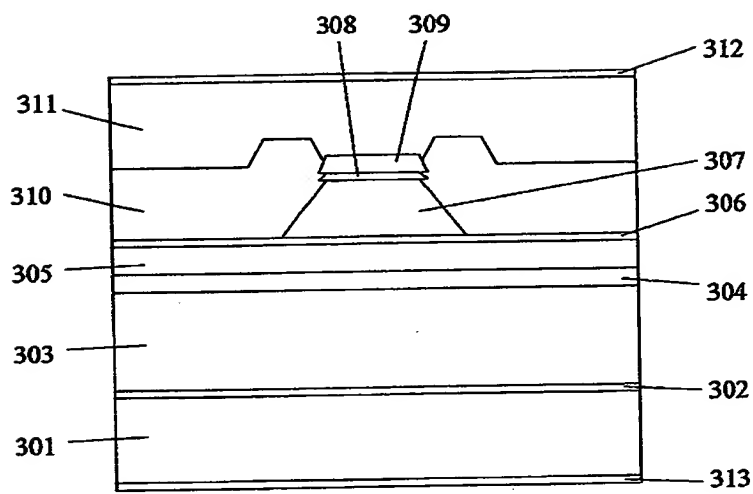


本発明の実施の形態の構造図

【図 2】



【図 3】



従来の構造図

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高温まで安定した自励発振動作を維持できる自励発振型半導体レーザを提供する。

【解決手段】 活性層の電流非注入領域が可飽和吸収領域として機能する自励発振型半導体レーザにおいて、MQW活性層のウェル層数を5層以上10層以下、かつpクラッド層平坦部の層厚を300nm以上500nm以下、かつpクラッド層平坦部のキャリア濃度を $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とする。本発明によれば、しきい値などのレーザ特性を極端に悪化させることなく、水平方向の光分布に比べて電流分布を十分小さくできるため、従来不可能であった高温まで安定した自励発振動作が可能となる。

【選択図】 図1



特 2 0 0 0 - 0 8 9 4 1 0

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 0 8 9 4 1 0
受付番号	5 0 0 0 0 3 8 3 8 4 0
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 2 年 3 月 2 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成 12 年 3 月 28 日
-------	------------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社